Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No. 1, 2024, p. 115-128

The Effect of Chemical and Non-Chemical Nutrition Systems on Some Growth Traits, Yield and Yield Components of Hashemi Variety Rice (*Oryza sativa* L.) - A Case Study in Lahijan City, Gilan Province

Alireza Nosrati[1], Hamid Reza Doroudian[2]*, Sirous Bidarigh[2], Seyyed Mostafa Sadeghi[3] and Majid Ashouri[3]

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author's Email: darya717@yahoo.com)

Received: 27-07-2022 Revised: 28-11-2022 Accepted: 03-12-2022 Available Online: 03-12-2022	**How to cite this article:** Nosrati, A., Doroudian, H.R., Bidarigh, S., Sadeghi, S.M., & Ashouri, M. (2024). The effect of chemical and non-chemical nutrition systems on some growth traits, yield and yield components of Hashemi variety rice (*Oryza sativa* L.) - A case study in Lahijan city, Gilan province. *Journal of Agroecology*, *16*(1), 115-128. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/agry.2022.77867.1121

Introduction

Rice is a staple and valuable grain that is the main source of food for over 50 percent of the world's population after wheat (Lopez et al., 2019; Jabran and Chauhan, 2015). Rice production should increase by over 50 percent by 2050, which can be realized by improving its cultivars and applying sound agronomic management practices (Esfahani et al., 2005; Asadi et al., 2016). Nitrogen (N) is a key macroelement that is decisive for plants, but it is deficient in most farms. N fertilizer is applied chemically, organically, and biologically (Moslehi et al., 2015).

Materials and Methods

This research was conducted as a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications at two sites at the experimental farm of Islami Azad University of Lahijan (the village of Tustan) and Kateshal farm in 2018-2019. The study site (Lat. 36°55' N., Long. 45°20' E. (first location) and Lat. 37°21' N., Long. 50°18' E. (second location)) has a temperate and humid climate with a 10-year mean annual precipitation of 1150 mm (Guilan Meteorological Quarterly, 2020). Table 1 presents the meteorological data of the region during the experiment. Before the experiment, the physical and chemical characteristics of the soil at the study site were measured in the laboratory of the Water and Soil Department of Rice Research Center. The experimental factors included organic, chemical fertilizer, and control as the three levels of the first factor and urban waste compost, biochar, and Azolla, and control as the four levels of the second factor. Statistical analysis of data, data conversion, and drawing of graphs and charts were done using SAS 9.2 and Excel 2010 software. The averages obtained were statistically compared with each other using Tukey's test and at the probability level of 5%.

Results and Discussion

The simple effects of the chemical, organic, and organic nutritional systems were found to be significant (P <

https://doi.org/10.22067/agry.2022.77867.1121

0.01) on grain yield. Based on the comparison of data means for both research farms, the highest grain yield of, on average, 3699 kg/ha was obtained from the treatment of chemical fertilizer and biochar, and the lowest one of 2209 $kg.ha^{-1}$ (40% lower than its maximum counterpart) from the control (unfertilized) treatment. Among the subplots, the biochar treatment was the most effective, and the control (unfertilized) was the least effective in this trait. The treatments that were fertilized with chemical N fertilizer produced more panicles per plant than the treatments that weren't. Among the sub-plots, the highest number of panicles per plant was related to the biochar treatments under no-fertilization, ecological, and chemical conditions, and the lowest number to the control (unfertilized treatment). The plants treated chemically and ecologically in the presence of biochar were the tallest, growing to a height of 127 and 124 cm, respectively, whereas the lowest plant height was 108 cm, related to the control (unfertilized plants).

Conclusion

The use of organic fertilizers alone or in combination with chemical fertilizers, in addition to improving the quantitative and qualitative characteristics of rice, has a positive effect on the sustainability of production and preservation of the environment. The results of this research showed that the application of nitrogen fertilizer and biochar, in addition to optimizing the application of fertilizer, increased the yield of rice. It was also found that the consumption of biochar caused an increase in traits related to grain yield. The role of biochar was evident in the significant change of the studied traits of Hashemi rice in the main treatments (control, ecological, and chemical). Therefore, it is recommended to use biochar along with chemical fertilizer in order to maintain yield, prevent biological pollution and increase soil and rice fertility.

Acknowledgments

The assistance of the esteemed personnel of the Islamic Azad University, Lahijan branch, who helped us in the implementation of this research, is gratefully acknowledged.

Keywords: Nitrogen, Nutrition, Organic, Paddy

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص ۱۲۸-۱۱۵

اثر سیستم‌های تغذیه شیمیایی و غیر شیمیایی بر برخی صفات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) رقم هاشمی- مطالعه موردی در شهرستان لاهیجان استان گیلان

علیرضا نصرتی[۱]، حمیدرضا دورودیان[۲*]، سیروس بیدریغ[۲]، سید مصطفی صادقی[۳] و مجید عاشوری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۲

چکیده

به‌منظور مقایسه اثر سیستم‌های تغذیه شیمیایی و غیر شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات رشدی در برنج (رقم هاشمی) (*Oryza sativa* L.) شهرستان لاهیجان، آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو مکان (مزرعه کشاورز و مزرعه دانشگاه) در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل تغذیه در سه سطح (شاهد، شیمیایی، بوم‌شناختی) به‌عنوان عامل اصلی و نوع ماده آلی (شاهد، کمپوست زباله شهری، بیوچار و آزولا) در چهار سطح به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۳۶۹۹ کیلوگرم در هکتار در تیمار مصرف کود شیمیایی و بیوچار و کمترین عملکرد دانه به‌میزان ۲۲۰۹ کیلوگرم در هکتار (۴۰ درصد کاهش)، در شاهد (بدون مصرف کود) و بیشترین تعداد خوشه در بوته با میانگین ۲۸ عدد خوشه در بوته در تیمار مصرف کود شیمیایی به‌همراه بیوچار مشاهده شد. بالاترین ارتفاع بوته در تیمارهای شیمیایی و بوم‌شناختی (استفاده از اردک) با حضور بیوچار به‌ترتیب ۱۲۸/۳ و ۱۲۴/۵ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع بوته برنج به‌مقدار ۱۰۸/۳ سانتی‌متر، در شاهد (بدون مصرف کود) مزرعه دانشگاه مشاهده شد. بیش‌ترین درصد پروتئین دانه در شرایط مصرف کود شیمیایی به‌همراه بیوچار به‌مقدار ۸/۲۶ درصد و کمترین درصد پروتئین به‌میزان ۶/۸۱ درصد، در شاهد (بدون مصرف کود) به‌دست آمد. از نظر جذب عناصر ماکرو، بیشترین مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه به‌ترتیب با میانگین ۱/۷۹، ۰/۳۷ و ۰/۲۶۵ درصد در تیمار کود شیمیایی و بیوچار و کمترین مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه به‌ترتیب با میانگین ۱/۱۸، ۰/۲۱ و ۰/۱۳۲ درصد، در شاهد (بدون مصرف کود) مشاهده شد. در تیمارهای فرعی، بیشترین تأثیرگذاری روی مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه در تیمار مصرف بیوچار به‌همراه کود شیمیایی و بوم‌شناختی بود. درصد جذب عناصر غذایی در تیمار شیمیایی و بیوچار نسبت به سایر تیمارها بیشتر و معنی‌دار بود. سیستم‌های آلی و غیر شیمیایی اثرات متفاوتی در عملکرد گیاه برنج داشت و باعث کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد (شیمیایی و بیوچار به‌میزان ۳۶۹۹ کیلوگرم، ۶۷ درصد نسبت به شاهد، شیمیایی و کمپوست زباله شهری به‌میزان ۳۳۹۶ کیلوگرم و ۵۳ درصد نسبت به شاهد و شیمیایی و آزولا به‌میزان ۳۲۴۳ کیلوگرم در هکتار و ۴۷ درصد بیشتر نسبت به شاهد) می‌شوند. بیوچار باعث افزایش رشد، عملکرد و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی گیاه برنج شد.

واژه‌های کلیدی: آلی، کود، شالیزار، نیتروژن

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.)، یکی از مهم‌ترین غلات است که غذای اساسی و عمده بیش از ۵۰ درصد جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد و نقش مهمی در ثبات اقتصادی و اجتماعی دارد (Jabran &Chauhan, 2015; Rajput et al., 2017) با توجه به جمعیت دنیا، تولید برنج تا سال مدیریت‌های صحیح زراعی محقق خواهد شد(۲۰۵۰ باید بیش از ۵۰ درصد افزایش یابد که در نتیجه اصلاح ارقام و اعمال(Asadi et al., 2016; Esfahani et al., 2005).

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: darya717@yahoo.com)
https://doi.org/10.22067/agry.2022.77867.1121

سطح تولید محصولات زراعی در ایران حدود ۱۱ میلیون هکتار است که ۸۰ درصد آن را غلات تشکیل می‌دهد. برنج پنج درصد (۶۳۷،۲۴۲ هکتار) سطح زیر کشت و ۴/۷ درصد (۲،۹۴۳،۲۶۴تن) تولید کل محصولات زراعی در ایران را تشکیل می‌دهد. این غله با ارزش در ۲۳ استان کشور کشت می‌شود. استان‌های مازندران و گیلان به‌ترتیب با ۲۵۳ و ۱۷۴ هزار هکتار در رتبه اول و دوم سطح زیر کشت و تولید برنج در کشور قرار دارند. هر چند که کاربرد مقادیر مناسب کودهای شیمیائی می‌تواند به افزایش عملکرد کمّی و کیفی گیاهان در کوتاه مدت کمک کند، ولی استفاده مکرر و بدون جایگزین کود شیمیایی نه تنها واکنش در مقابل کودها را کاهش می‌دهد، بلکه باعث تجمع این مواد در خاک و از بین رفتن برخی موجودات خاکزی، تخریب ساختار و بسته‌شدن و کاهش خلل و فرج خاک، کاهش حاصلخیزی، نفوذ به منابع آب زیر زمینی و آلودگی آن شود. مصرف بیش از حد کودهای شیمیائی سبب از بین رفتن ارتباط طبیعی باکتری‌های تجزیه‌کننده و محیط ریشه شده و در نتیجه، پویایی خاک را کاهش داده، آن را به یک بستر غیر زنده تبدیل می‌کند(Salehifar et al., 1970). مصرف بهینه کود، همواره نقشی کلیدی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی، از جمله برنج ایفا می‌کند(Soltani & Karbalai Molki, 2022). نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصرکلیدی، پرمصرف و تعیین‌کننده رشد و عملکرد در گیاه می‌باشد. عدم مصرف نیتروژن در گیاه برنج در ابتدای پنجه‌دهی موجب کاهش ارتفاع بوته و عدم مصرف نیتروژن در مرحله خوشه‌دهی کامل سبب کاهش وزن هزار دانه می‌شود (khosravi et al., 2012). هر چند استفاده از کودهای معدنی سریع‌ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک به‌شمار می‌رود، ولی هزینه‌های زیاد مصرف کود نسبت به روش غیر شیمیایی به‌همراه با آلودگی و تخریب محیط زیست و منابع آب و خاک و حتی کاهش عملکرد نگران‌کننده است (Pampolino et al., 2007; Hassegawa et al., 2008). یکی از راه‌های بهبود کارآیی مصرف کودهای نیتروژنه و کاهش تلفات آن، مصرف همزمان با کودهای آلی است. کود آلی، کودی است که بر پایه کمپوست و دیگر افزودنی‌ها تولید می‌شود و این کود با افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در خاک، به رشد بستر گیاه کمک کرده و موجب افزایش عملکرد کمّی و کیفی محصول می‌گردد. در کود آلی می‌توان هر ماده آلی که به‌وسیله میکروب‌ها قابل تجزیه باشد، به‌کار گرفته شود. ارزش اصلی کودهای آلی به‌علت تغییرات فیزیکی است که در خاک ایجاد می‌کنند. کودهای آلی شامل کود حیوانی، کود گیاهی (کود سبز)، کود کمپوست می‌باشد (Board, 2004; Han & Lee, 2006). کودهای آلی مهم‌ترین عامل فراهمی ماده آلی در ریزوسفر گیاه می‌باشند(Tejada et al., 2008). کود آلی برخلاف کود شیمیایی برای خاک مضر نبوده و استفاده‌ی بیش از اندازه آن‌ها به گیاه نیز آسیبی نمی‌رساند. کود آلی برای رشد سبزی‌ها، افزایش گل‌دهی و سرسبزی چمن‌ها به‌کار می‌آید. هم‌چنین جهت تقویت دانه‌های. تازه کاشته شده، گیاهان جوان و حتی بالغ مصرف آن بسیار مناسب و به‌جا است. مقدار کود مورد نیاز گیاه بسته به فراهم بودن رطوبت در طول دوره رشد، نوع خاک و حاصلخیزی آن، و نوع رقم متفاوت است(Taghizadeh et al., 2008). کودهای آلی باعث افزایش ماده آلی و هم‌چنین اصلاح و تعدیل اسیدیته خاک شوند و به‌سبب بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مثل ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت نگهداری آب، افزایش فعالیت ریزجانداران و میزان دسترسی به مواد غذایی و باعث افزایش باروری خاک می‌شوند (Yagi, 2003). کاربرد صحیح کودهای آلی می‌تواند وابستگی به کودهای شیمیایی را برای بهبود تولید پایدار و ارگانیک از طریق کاهش اتلاف عناصر غذایی در محیط کاهش و کارآیی استفاده از مواد غذایی را افزایش دهد(Ye et al., 2011). استفاده از اردک به‌عنوان عامل زیستی در بهبود اکولوژیکی رشد برنج، علاوه‌بر افزایش تنوع زیستی، فعالیت موجودات زنده خاک، کارایی انرژی و رشد رویشی برنج، تغذیه از علف‌های هرز در حال رشد و بذور آن‌ها، باعث بهبود عملکرد برنج نیز می‌گردد (Wang et al., 2006; Flohre et al., 2011). اردک با غذیه از حشرات باعث کاهش تراکم آفت می‌شود. از سوییت دیگر، پرورش اردک علاوه‌بر فواید ذکر شده به‌عنوان یک منبع درآمد جانبی برای شالیکاران می‌باشد (Gharavi Baigi et al., 2014). در صورت استفاده از کود شیمیایی به‌همراه آزولا میزان عملکرد برنج نسبت به سایر روش‌های کشت بیشتر است. آزولا به‌همراه کود شیمیایی بیشتر رشد و نمو می‌کند و نیتروژن هوا را بیشتر تثبیت کرده و آن را به صورت تدریجی و مداوم در اختیار گیاه برنج قرار می‌دهد(Roger & Ladha, 1990). بیوچار یک محصول جامد و منبع تجدیدپذیر است که از یک فرآیند پیرولیز در شرایط اکسیژن کم و یا بدون اکسیژن به دست می‌آید و به‌سبب وجود گروه‌های عامل فراوان، درتغذیه گیاه، بهبود خاک خصوصیات خاک؛ افزایش بازده کودهای شیمیایی؛ مقابله با برخی آلودگی‌های زیست‌محیطی و کاهش گازهای گلخانه‌ای

استفاده شود. فرآیند پیرولیز می‌تواند باعث کاهش حجم لجن فاضلاب، از بین رفتن پاتوژن‌ها و تبدیل ماده آلی به سوخت زیستی، روغن و بیوچار باشد (Kammann et al., 2015; Schmidt et al., 2015). بیوچار همچنین می‌تواند با کاهش آبشویی از هدر رفت نیتروژن جلوگیری نماید (Lehmann 2007). بیوچار می‌تواند باعث افزایش قابلیت استفاده از کودهای فسفری و پتاسیمی شود (Lehmann & Joseph, 2015). با توجه به اهمیت تغذیه مناسب در برنج، هدف از اجرای تحقیق بررسی اثر سیستم‌های تغذیه شیمیایی و غیر شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات رشدی در برنج هاشمی (رقم غالب استان گیلان) بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو مکان شامل یک مزرعه در روستای کته‌شال (مزرعه در کوهپایه و آبیاری با آب رودخانه) و مزرعه آزمایشی دیگر در دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان (مزرعه در دشت و آبیاری با کانال آب) روی برنج (رقم هاشمی)، به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. طول و عرض جغرافیایی مکان اول به‌ترتیب ۵۰ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی و ۳۷ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و برای مکان دوم به‌ترتیب ۴۵ درجه و ۲۰ شرقی و ۳۶ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی بوده و محل آزمایش دارای آب و هوای معتدل و مرطوب است (جدول ۱). و میزان بارندگی سالانه بر حسب میانگین ۱۰ ساله برابر با ۱۳۳۰ میلی-متر می‌باشد.

بافت خاک محل آزمایش رسی لومی با pH=۶/۱، هدایت الکتریکی در در مکان اول و دوم به‌ترتیب ۰/۷ و ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر و فسفر و پتاس قابل جذب در مکان اول به‌ترتیب ۱۲/۲ و ۲۰۵ و در مکان دوم به‌ترتیب ۱۳/۸ و ۲۱۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (جدول ۲).

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی سال ۱۳۹۷ در دو مکان (یک شهرستان) انجام طرح
Table 1-Meteorological information of 2017 in two locations (one city) of the project

مشخصات هواشناسی Climatic item	فروردین 21 Mar.-20 Apr.	اردیبهشت 21 Apri.-16 May.	خرداد 17 May-16 Jun.	تیر 17 Jun.-18 Jul.	مرداد 19 Jul.-18 Agu.	شهریور 20 Agu.-19 Sep.
دما Mean temperature (°C)	13.7	18.5	22.3	27.5	26.7	23.9
بارندگی Rainfall (mm)	20.3	22.5	60.4	70.8	107.8	20.5
حداقل دما Minimum temperature (°C)	12.1	12.4	16.7	22	22.3	19.3
حداقل دما Maximum temperature (°C)	15.3	24.6	28	33.1	31.2	30.3
سرعت باد Wind speed ($m.s^{-1}$)	38	54	40	36	28.8	36

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش
Table 2- Physical and chemical characteristics of soil of experiment farm (0-30 cm depth)

مکان Location	درصد کل نیتروژن N (%)	پتاسیم قابل جذب K vailable ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب P vailable ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته pH	ماده آلی OC (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	بافت Texture
مزرعه کته‌شال Kateshal farm	0.9	205	12.2	6.1	2.2	0.7	لومی رسی
مزرعه دانشگاه University farm	0.86	213	13.8	6.2	2.1	0.6	

تیمارهـای آزمایشـی شـامل نـوع کـود در سـه سـطح (شـامل اکولوژیک، شیمیایی و شاهد) به‌عنوان عامل اصـلی و نـوع مـاده آلـی (کمپوست زباله شهری، بیوچار، آزولا و شاهد) در چهار سطح به‌عنوان عامل فرعی بودند. رقم مورد استفاده در آزمایش هاشمی بود. مزرعـه محل انجام آزمایش، سه بار شخم زده شد که شخم اول در اسفند ماه، شخم دوم در اواسط اردیبهشت همزمان با احداث خزانه و شخم سـوم (پادلینگ یا پیش کاول) همزمان با نشاکاری برنج انجام شـد. بـذور در خزانه و زیر پوشش پلاستیکی پرورش داده شده و هنگامی که ارتفـاع نشاها ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر (سه تا چهار برگـی شـدن نشـا) رسـید، بـا انتخاب گیاهچه‌های سالم و یکنواخت برنج از خزانه بـه زمـین اصـلی منتقل گردیدند. کود نیتروژنه از منبع اوره (۴۶ درصد نیتـروژن)، کـود پتاسیمی از منبع سولفات پتاسیم و کود فسفر از منبـع سـوپر فسـفات تریپل بر اساس تیمارهای آزمایشی و نتایج آزمـون تجزیـه خـاک بـه کرت‌ها افزوده شدند. چهار تن در هکتار بیوچار (تهیه شده از زیسـت-توده گیاهی و ضایعات کشاورزی؛ ترکیب کاه گندم و درختان جنگلـی شمال ایران به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک) در تیمارهای مورد نظر قبـل از نشاکاری در عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. برای تیمـار بوم‌شناختی از ۶۰۰ عدد اردک در هکتار استفاده شد. آزادسازی جوجـه اردک‌ها در تیمارهای آزمایشی با سن ۲۰ روز پـس از گذشـت ۲۰ روز از نشاکاری در زمین اصلی انجام شد. برای جداسازی اردک‌ها و اعمال تیمارها، مزرعه آزمایشی به‌وسیله توری‌های فلزی و درون مزرعه بـه-وسیله توری‌های پلاستیکی جدا شده‌اند و روزانه جهت ترغیب بیشـتر اردک‌ها به تغذیه از آفات و علف‌های هرز به‌میزان ۳۰ درصد کمتـر از حد مطلوب تغذیه شدند(Mohammadi et al., 2012).آزولا به‌میزان پنج تن در هکتار برای تیمارهای مورد نظر استفاده شد. در طـول دوره رشد برنج از هیچ علف‌کش، حشره‌کش و یا قارچ‌کشـی بـرای تمـامی تیمارها استفاده نشد. برای مبارزه بـا کـرم سـاقه‌خـوار بـرنج از زنبـور تریکوگاما و تله نوری استفاده شد. برای مبارزه با علف‌هـای هـرز ۲۱ روز پـس از نشـا، وجـین اول (۳ خـرداد ۱۳۹۷) و ۱۴ روز پس از آن، وجین دوم انجام شد. آرایش کشت برنج ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متر، ابعاد هر کرت آزمایشی ۶ × ۳ متر و تعداد ردیف‌های کاشـت ۳۰ × ۱۵ ردیـف بود. جهت سهولت در نمونه‌گیری و رفت و آمد در داخل کرت‌هـا، ۵۰ سانتی‌متر فاصله بین تیمارها در نظر گرفته شد. میـزان پـروتئین دانـه برنج از روی درصد نیتـروژن نمونـه بـا اسـتفاده از روش کجـدال بـا دستگاه اتوآنـالیز مـدل DA_{7200} تعیـین شـد. بـا انـدازه‌گیـری میـزان نیتروژن، میزان پروتئین از حاصل‌ضرب درصد نیتروژن دانه در ضریب ۶/۲۵ به‌دست آمد(Payegozar, 2008; Raei et al., 2015) . در زمان گل‌دهی، محتوای کلروفیل برگ توسـط دسـتگاه کلروفیـل‌متـر SPAD-502 اندازه‌گیری شد. در ابتدا، پس از روشن کـردن دسـتگاه یک بار آن را بدون قرار دادن برگ در محفظه برگ قرائت نمـوده تـا دستگاه کالیبره شود و سپس، کار قرائت را از سـه نقطـه از هـر بـرگ انجام و بعد میانگین سه نقطه را با دکمه اوریـج مشـخص مـی‌کننـد. لازم به ذکر است که نمونـه‌بـرداری نبایـد از روی رگبـرگ‌هـا انجـام شود(Saebmeh et al., 2024). در زمان برداشـت، تعـداد خوشـه در مترمربع، تعداد کل و پر و پوک در خوشه، وزن هـزار دانـه و عملکـرد اقتصادی ثبت شد (Esfahani et al., 2005). برای تعیین تعداد دانـه کل، ۳۰ خوشه مربوط بـه ۳۰ کپـه در هـر جداگانـه شـمارش و ثبـت گردید. برای محاسبه وزن هزار دانه تعداد هزار کرت به‌طور تصـادفی انتخاب و از ناحیه طوقه جدا و تعداد دانه کـل، پـر و پـوک بـرای هـر خوشه دانه از بذور بوجاری شده هر کرت بـا دسـت بـه‌طـور تصـادفی شمارش و با ترازوی الکتریکی با دقت یک هزارم گرم تـوزین گردیـد. برای تعیین تعداد خوشه در واحد سطح از هـر کـرت ۲۵ کپـه انتخـاب پس از تفکیک خوشه‌های بارور و غیربارور تعـداد خوشـه‌هـای بـارور نهایی در واحد سطح محاسبه شد(Taghizadeh et al., 2008). برای اندازه‌گیری بلندی و ارتفاع بوته‌ها تعداد ۱۰ بوته هر کـرت (دو ردیـف کناری طولی و یک ردیف عرضی به‌عنوان اثر حاشیه در نظـر گرفتـه شد) انتخاب شدند، سپس ارتفاع آن‌ها به‌وسیله متـر بـا دقـت در حـد میلی‌متر از سطح خاک تا نوک بلنـدترین خوشـه انـدازه‌گیـری شـد و سپس میانگین ارتفاع این ۱۰ بوته به‌عنوان ارتفاع بوته‌هـای بـرنج در نظر گرفته شد. برای برداشت جهت تعیین عملکرد اقتصـادی، بعـد از جداسازی حاشیه از هر طرف، ۵۰ بوته از هرکرت برداشـت و پـس از خرمن‌کوبی، تمیز و خشک نمودن، وزن و همزمـان بـا رطوبـت‌سـنج، رطوبت آن اندازه‌گیری و سپس، وزن دانه بر حسب رطوبت ۱۴ درصـد تعیین شد. محاسبات آماری با استفاده از نـرم‌افـزار SAS نسـخه ۹/۲ (SAS, 2002) جهت تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با اسـتفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. بـرای رسـم

نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد پروتئین دانه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که بین دو مکان به‌لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد، اثرات ساده تغذیه (سطح احتمال یک درصد)، ماده آلی (سطح احتمالی پنج درصد) و اثر متقابل تغذیه و ماده آلی (سطح احتمال یک درصد) روی درصد پروتئین دانه وجود داشت (جدول ۳). بیش‌ترین درصد پروتئین دانه در شرایط مصرف کود شیمیایی به‌همراه بیوچار به‌مقدار ۸/۲۶ درصد و کمترین درصد پروتئین به‌میزان ۶/۸۱ درصد، در شاهد (بدون مصرف کود) به‌دست آمد (جدول ۴ و شکل ۱). کود نیتروژنه بدون توجه به منبع آن بر درصد پروتئن دانه در این تحقیق تأثیر داشت. مصرف کود نیتروژن در زمان مناسب و به‌مقدار مناسب سبب افزایش محتوای نیتروژن دانه و محتوای پروتئین دانه می‌شود(Ma et al., 2024). با افزایش مصرف کود نیتروژنه، درصد پروتئین دانه به علت جذب نیتروژن بیشتر از خاک، افزایش فتوسنتز و افزایش غلظت نیتروژن در اندام‌های هوایی و در نتیجه، انتقال نیتروژن بیشتر به دانه افزایش یافت. افزایش درصد پروتئین دانه با کاربرد کود نیتروژنه، پیشتر توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است(Gholinezhad, 2014). مصرف کودهای نیتروژنی در آخر فصل رشد غلات یا پس از دوره‌ی گل‌دهی سبب افزایش مقدار پروتئین دانه شد. از آنجایی که که کمپوست مانع آبشویی نیتروژن می‌شود و نیتروژن موجود را برای مدت طولانی‌تری در اختیار گیاه قرار می‌دهد، بنابراین با افزودن کمپوست زباله شهری درصد پروتئین دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) افزایش یافت (Noor et al., 2023). افزودن کمپوست آزولا به‌عنوان یک منبع گیاهی نیتروژنه باعث افزایش در مقدار پروتئین می‌شود (Kannaiyan & Kumar, 2005). افزایش میزان نیتروژن مصرفی در می‌شود که به نظر می‌رسد، به‌دلیل افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه، بالا رفتن میزان تبخیر و تعرق در سطح گیاه و کاهش دما در سطوح بالای نیتروژن باشد(Ayeneh et al., 2002). بیشترین میزان پروتئین دانه از مصرف هشت تن در هکتار بیوچار حاصل شد که نسبت به عدم مصرف بیوچار دو درصد افزایش نشان داد که این امر با توانایی بیوچار در حفظ و نگهداری عناصر غذایی و جلوگیری از آبشویی آن‌ها مرتبط است (Sobhani et al., 2021).

شاخص کلروفیل‌متر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده مکان روی شاخص کلروفیل‌متر در شرایط تغذیه و مصرف مواد آلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج حاصل از تجزیه واریانس در مکان اول و دوم نشان داد که اثر تیمارهای تغذیه و مواد آلی و اثر متقابل تغذیه و ماده آلی بر شاخص کلروفیل‌متر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین شاخص کلروفیل-متر در شرایط مصرف کود شیمیایی به‌همراه بیوچار به‌مقدار ۴۰/۲ و کمترین شاخص کلروفیل‌متر به‌میزان ۳۶/۲، در شاهد (بدون مصرف کود) به‌دست آمد (جدول ۴). از آنجایی که میزان کلروفیل با فراهمی کودها در ارتباط است (Špulák et al., 2014). با توجه به این موضوع، کود شیمیایی اوره و بیوچار با فراهمی مطلوب و به‌هنگام میزان نیتروژن بر میزان عدد کلروفیل‌متر تأثیر گذاشته و عدد کلروفیل‌متر بالاتر و همین‌طور تغییر رنگ برگ‌ها در مزرعه به‌صورت سبز پر رنگ شدن در کرت‌هایی که کود شیمیایی دریافت کرده بودند، اتفاق افتاد. به‌دلیل تجمع بیش از ۷۰ درصد نیتروژن در کلروپلاست برگ‌های گیاه، افزایش نیتروژن در گیاه توأم با افزایش غلظت کلروفیل و نیتروژن برگ بوده است و همچنین، افزایش نیتروژن باعث بهبود رنگ گیاه می‌شود، به عبارتی سبزی را در گیاه تشدید می‌کند که بر قرائت اعداد کلروفیل‌متر تأثیر می‌گذارد. از آنجایی که نیتروژن از عناصر تشکیل‌دهنده کلروفیل محسوب می‌گردد، از این رو افزایش آن در محیط رشد گیاه از طریق کاربرد سطح بالاتر کود مرغی پلیت شده، منجر به افزایش میزان کلروفیل در تیمار سطح بالاتر کود مرغی پلیت‌شده گردیده است. نتایج مشابهی مرتبط با متفاوت بودن عکس-العمل ارقام مختلف نسبت به قرائت‌های کلروفیل‌سنج توسط(Schepers Blackmer et al., 1996) در ذرت (*Zea mys* L.) گزارش شده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب پارامترهای اندازه‌گیری شده در شرایط تغذیه و مواد آلی برنج رقم هاشمی

Table 3. Combined analysis of variance of parameters measured in nutritional conditions and organic matter of Hashemi variety rice

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع گیاه Height	عملکرد دانه Grain yield	تعداد خوشه در بوته Number of panicles	تعداد دانه در خوشه Number of grains	دانه پر در خوشه Number of filled grains	دانه پوک در خوشه Number of unfilled grains	وزن هزار دانه Thousand-grain weight	درصد پروتئین دانه Protein (%)	عدد کلروفیل متر SPAD
مکان Location	1	9.3	1031048**	86.6**	177.34**	308.3**	18**	0.534	0.686**	1.742**
بلوک (مکان) Locatin (place) (L)	2	0.18	1108.5	0.18	0.263	0.18	0.0416	0.0105	0.00056	0.0022
تغذیه Nutrition (N)	2	458**	3743759**	156.7**	451.09**	586.6**	10.26**	5.66**	2.227**	14.28**
تغذیه × مکان L × N	2	0.84	9570.04	0.05	0.181	0.347	0.041	0.0038	0.00056	0.0022
خطا۱ Error1	8	7.97	3335.5	0.305	0.263	0.236	0.361	0.681	0.00184	0.0043
ماده آلی Organic matter (O)	3	452.9**	1483582**	135.01**	1231.3**	1504.12**	29.74**	2.12*	2.18**	12.85**
N × O	6	43.7**	134107**	19.05**	52.61**	60.6**	1.837**	1.188*	0.1587**	2.21**
L × O	3	0.91	8	0.236	0.199	0.34	0.037	0.005	0.00056	0.0023
L × N × O	6	0.47	9570.04	0.278	0.254	0.347	0.023	0.008	0.00056	0.0023
خطای ۲ Error 2	30	2.25	2897.4	0.269	0.371	0.225	0.271	0.339	0.0041	0.024
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		1.29	1.9	2.58	0.61	0.49	11.03	2.35	0.89	0.41

**، * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

**, *: are significant at the level of 1 and 5 percent, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل اثر سیستم‌های تغذیه و مواد آلی روی صفات مورد بررسی برنج

Table 4- Comparison of the average interaction effect of nutrition systems and organic matter on the studied traits of rice

سیستم تغذیه Nutrition systems	مواد آلی Organic matter	ارتفاع Height (cm)	درصد پروتئین Protein (%)	شاخص کلروفیل‌متر SPAD (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	تعداد خوشه در بوته Number of panicle/plant	تعداد دانه در خوشه Number of grain/panicle	تعداد دانه پر در خوشه Number of filled grains/panicle	تعداد دانه پوک در خوشه Number of unfilled grains/ panicle
کنترل Control	Control	108.3 g	6.81fg	36.2 f	2208 h	16 j	90.3 l	84 k	6.3 a
	Compost	113.3 de	7.1 e	37.6 cd	2486 g	17 hi	96.5 fg	90 h	6.5 a
	Biochar	113.1 de	7.4 c	37.6 cd	2925.3 d	20 ef	103.5 d	99 d	4.5 bc
	Azolla	108.5 fg	6.9 f	36.8 e	2485 g	16 j	93.5 jk	89 i	4.50cde
شیمیایی Chemical	Control	113.8 de	7.22 de	37.9 c	2700 e	18 gh	94.5 hij	89 i	5.5 ab
	Compost	121.2 c	7.68 b	38.95b	3396 c	23 bc	107.5 c	103 c	4.5 bc
	Biochar	128.3 a	8.26a	40.22a	3698.67a	27.8 a	118.8a	115.5a	3.3 d
	Azolla	112.8 de	7.1 e	36.9 e	3243.00b	21 de	97.5 ef	94 e	3.5 cd
اکولوژیکی Ecological	Control	111.5 ef	6.72 g	36.52 f	2479 g	17 hi	92.5 k	86 j	6.5 a
	Compost	118.6 c	7.2 de	37.8 cd	2550 fg	19 fg	98.5 e	93 f	5.5 ab
	Biochar	124.5 b	7.3 cd	37.75bc	2873 d	23.5 b	111.5 b	109 b	2.5 e
	Azolla	115.5 d	6.83 f	36.9 e	2650.6 ef	22 cd	95.5 gh	92 g	3.5 cd

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس مرکب بیانگر اختلاف معنی‌دار اثـر تغذیـه و ماده آلی و برهم‌کنش آن‌ها (در سطح احتمال یک درصد) بود (جـدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کـه بـا اسـتفاده از بـوم‌شـناختی (استفاده از اردک) و کود شیمیایی ارتفاع بوته افزایش یافت. بـالاترین ارتفاع بوته در تیمارهای شیمیایی و بوم‌شناختی با حضـور بیوچـار بـه ترتیب ۱۲۸/۳ و ۱۲۴/۵ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع بوته برنج به‌مقـدار ۱۰۸/۳ سانتی‌متـر، در شـاهد (بـدون مصـرف کـود) مزرعـه دانشـگاه مشاهده شد. در واقع، تیمارهـایی کـه کـود شـیمیایی و بـوم‌شـناختی دریافت کرده بودند، از ارتفاع بوته بیشتری در مقایسه با تیمارهایی که کود بوم‌شناختی و شیمیایی در آن‌ها استفاده نگردید، برخـوردار بودنـد. در تیمارهای فرعی، بیشترین تأثیر روی ارتفاع بوته مربـوط بـه تیمـار بیوچار و کمترین اثر روی ارتفاع مربوط به شاهد (بدون مصرف کـود) بوده است (جدول ۴). اثر کاربرد کودشیمیایی در افزایش ارتفاع بوته را نیز می‌توان مستقیم به افزایش نیتـروژن نسـبت داد. افـزایش میـزان نیتـــروژن، ارتفـــاع بوتـــه و ســـرعت رشـــد محصـــول را افـــزایش می‌دهد(Fageria, 2001). درحالی‌که کمبود نیتروژن نسبت به کاهش ارتفاع و قدرت پنجه‌زنی در غلات مـی‌شـود. مصـرف کـود شـیمیایی کامل همراه با مکمل‌های کود آلـی بـه‌دلیـل بهبـود شـرایط تغذیـه و فراهم‌شدن عناصر مورد نیاز جهت رشد گیاه سبب افزایش ارتفاع بوته برنج می‌گردد(Ashouri, 2012). کود آلی نقـش ویـژه‌ای در تولیـد و ترشح هورمون‌های رشد نظیر اکسین و جیبـرلین دارد کـه همـراه بـا تثبیت نیتروژن، باعث رشد بهتر و افزایش ارتفاع بوته می‌شود(Kandil et al., 2002). دیوسـالار و همکـاران(Divsalar et al., 2011). گزارش نمودند که بیشترین ارتفاع بوته از تیماری حاصل شـد کـه در آن، از تلفیق کود ارگانیک (Bio1555) و ۱۰۰ درصد کود نیتروژن در سه تقسیط استفاده گردید. با افزایش مصرف کود نیتروژن تا یک حـد معین، ارتفاع گیاه برنج به‌طـور تصـاعدی افـزایش مـی‌یابـد(Tabar, 2013; Tayefe et al., 2014). مصرف کود شیمیایی کامل همراه با مکمل‌های کود آلی به‌دلیل بهبـود شـرایط تغذیـه‌ای و فـراهم شـدن عناصر مورد نیاز جهت رشد گیاه، سبب افزایش ارتفاع بوته برنج مـی‌گردد (Ashouri, 2012).

عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که اثرات ساده مکان، تغذیه و ماده آلی روی عملکـرد و اجـزای عملکـرد دانـه (بجز وزن هزار دانه در مکان) و اثـر متقابـل سیسـتم‌هـای تغذیـه‌ای شیمیایی، بوم‌شناختی و آلی روی عملکـرد دانـه و تعـداد دانـه پـر در خوشه در سطح احتمال یک درصد و روی تعداد خوشه در بوته، تعـداد دانه در خوشه و تعداد دانه پوک در خوشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین داده‌هـا در هـر دو مزرعه تحقیقاتی، بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۳۶۹۹ کیلـوگرم در هکتار در تیمار مصرف کود شیمیایی و بیوچار و کمترین عملکرد دانـه به‌میزان ۲۲۰۹ کیلوگرم در هکتار (۴۰ درصد کاهش)، در شاهد (بدون مصرف کود) مشاهده شد. بیشترین تعداد خوشه در بوته با میانگین ۲۸ عدد خوشه در بوته (جـدول ۴) و بیشـترین تعـداد دانـه در خوشـه بـا میانگین ۱۱۹ دانه در تیمار مصرف کود شـیمیایی بـه‌همـراه بیوچـار و کمترین تعداد خوشه در بوته به‌میزان ۱۶ عدد (۴۳ درصد کـاهش) در شاهد (و ماده آلی آزولا) و کمترین تعداد دانه در خوشـه بـه‌میـزان ۹۰ عدد، شاهد (بدون مصرف کود) مشاهده شد. در واقع، تیمارهـایی کـه کود شیمیایی نیتروژن دریافت کرده بودنـد، از تعـداد خوشـه در بوتـه بیشتری در مقایسه با تیمارهایی که کود شـیمیایی نیتـروژن در آن‌هـا استفاده نگردید، برخوردار بودند. در تیمارهای فرعـی، بیشـترین تعـداد خوشه در بوته مربوط به تیمارهای بیوچار با در شرایط بدون مصـرف، بوم‌شناختی و شیمیایی ثبت شد و کمتـرین مقـدار مربـوط بـه شـاهد (تیمار ماده آلی آزولا و تیمار بدون مصرف کود) بوده اسـت. بیشـترین تعداد دانه پر در خوشه با میانگین ۱۱۶ دانه پر در خوشه (جدول ۴) در تیمار مصرف کود شیمیایی و بیوچار و کمترین تعداد دانه پر در خوشـه به‌میزان ۸۴ عـدد، در شـاهد (بـدون مصـرف کـود) مشـاهده شـد. در تیمارهای فرعی، بیشترین تأثیر بر تعداد دانه پر در خوشـه مربـوط بـه تیمار بیوچار است و کمترین مربوط به شاهد (بدون مصرف کود) بوده است. کمترین تعداد دانه پوک در خوشه با میانگین ۲/۵ دانه پـوک در خوشه در تیمار بوم‌شناختی و بیوچار و بیشـترین تعـداد دانـه پـوک در خوشه به‌میزان ۶/۵ عدد، در تیمارهای شاهد (کمپوست زباله شـهری) و بوم‌شناختی و شاهد مشاهده شـد (جـدول ۴). در تیمارهـای فرعـی، بیشترین تأثیر بر تعداد دانه پوک در خوشه مربوط به تیمار بیوچار است و کمترین تعداد مربوط به شاهد (بدون مصرف کود) بوده است. بـین تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه در خوشه (دانه پر و پوک) همبستگی

مثبت و معنی‌داری وجود دارد که با افزایش تعداد خوشه، بر تعداد دانه در خوشه نیز افزوده می‌شود. همچنین، همبستگی معنی‌داری بین تعداد خوشه در واحد سطح با تعداد دانه در مترمربع و عملکرد نهایی دانه در برنج وجود دارد. در این تحقیق، اثر ساده سیستم‌های تغذیه‌ای شیمیایی، بوم‌شناختی و آلی روی وزن هزار دانه معنی‌دار نبود و در بین صفات، اجزای عملکرد تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری روی وزن هزار دانه نداشت. زمانی که بیوچار به‌همراه کود شیمیایی و یا بوم-شناختی (اردک) استفاده شد، عملکرد گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که افزایش عملکرد دانه در اثر افزایش تعداد پنجه بارور، تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه در خوشه و تعداد دانه پر در خوشه اتفاق افتاده است. مصرف کود شیمیایی کامل به‌همراه مکمل‌های کود آلی به‌دلیل افزایش فعالیت فتوسنتزی و انتقال موجودات مواد پرورده از برگ‌ها به دانه، سبب افزایش عملکرد نهایی دانه گردید(Ashouri, 2012). تیلهام و همکاران(Tilahun et al., 2013) با بررسی اثرهای کودهای دامی و شیمیایی بر رشد و عملکرد برنج گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه (۵/۰۱ تن در هکتار)، از تیمار ترکیبی ۱۵ تن در هر هکتار کود دامی و۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر به‌دست آمد. واکاری و همکاران(Vaccari et al., 2011) کاربرد ۶۰ تن در هکتار بیوچار تولید شده از چوب جنگلی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ درصد افزایش در عملکرد گندم را گزارش کردند. سطح ویژه زیاد بیوچار سبب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و جذب عناصر غذایی شده و همچنین، در کنترل آلودگی مؤثر است. میزان آب جذب شده به‌طور مستقیم به سطح ویژه بیوچار بستگی دارد و به همین دلیل، کاربرد بیوچار در خاک موجب جذب مقادیر زیادی آب می‌شود. با افزودن بیوچار به خاک به‌دلیل افزایش سطح ویژه خاک، در خاک‌های رسی از تجمع زیاد آب جلوگیری شده و هوادهی خاک‌های رسی افزایش می-یابد و در خاک‌های شنی نیز ظرفیت نگهداری آب بیشتر شده و از هدررفت آب جلوگیری می‌شود(Gebremedhin et al., 2015). کاربرد بیوچار باعث افزایش ۵۶ درصدی عملکرد دانه، بهبود ویژگی-های خاک و افزایش زیست‌توده گردید(Khalvati et al., 2005). افزایش عملکرد در تیمارهای بیوچار از اثر اصلاح‌کننده خاک بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی خاک ناشی می‌شود. زاید و همکاران(Zayed et al., 2013) با بررسی اثرات تلفیقی کودهای نیتروژن و کمپوست مواد آلی بر عملکرد برنج در طی دو سال زراعی، اظهار نمودند که بیشترین تعداد خوشه در کپه در سال اول (۱۵ خوشه) از مصرف ۱۶۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و در سال دوم (۱۴ خوشه) از مصرف تلفیقی پنج تن در هکتار کمپوست کاه و۱۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل شد، درحالی‌که کمترین تعداد خوشه در کپه در شرایط شاهد یا بدون مصرف کود به دست آمد. راب و همکاران(Abdul Rab et al., 2016) . به کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه لوبیای بالدار در مقادیر ۵۰ و ۷۵ تن در هکتار اشاره داشتند و دلیل آن نیز افزایش بیشتر نسبت کربن به نیتروژن در تیمارهایی با میزان مصرف بیوچار زیادتر و غیرمتحرک شدن نیتروژن و آمونیوم معرفی نمودند. در این تحقیق، مصرف همزمان بیوچار (چهار تن در هکتار) و کود شیمیایی نیتروژن بهتر از مصرف هر یک از این مواد به‌تنهایی بود. علاوه‌براین، بیوچار با بهینه کردن اسیدیته خاک شرایط مناسبی را برای جذب عناصر فراهم می-کند. تعداد دانه پوک در تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز گیاه به‌ترتیب ۲۰ و ۳۰ درصد بالاتر از تیمارهای کود زیستی + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز گیاه بود. اصفهانی و همکاران (Esfahani et al., 2005) ضمن گزارش افزایش تعداد دانه پوک در کاربرد زیاد کود نیتروژنه بیان کردند که در سطوح بالای نیتروژن به‌علت افزایش تعداد خوشه‌چه در خوشه رقابت زیادی برای کربوهیدرات‌ها بین آن‌ها به‌وجود می‌آید و در نتیجه، تعداد دانه پوک در خوشه زیاد می‌شود. نیک‌نژاد و همکاران(Niknejad et al., 2016) نیز مشابه با نتایج پژوهش حاضر گزارش کردند که در سطوح بالای کود نیتروژنه تعداد دانه‌های پوک افزایش نشان می‌دهد که می‌تواند ناشی از تولید تعداد دانه بیش‌تر در اثر مصرف بیش‌تر نیتروژن باشد که این دانه‌های زیاد در اثر محدودیت مواد فتوسنتزی پر نشده و رقابت درون بوته‌ای سبب افزایش تعداد دانه پوک می‌شود. وزن هزار دانه یکی از اجزای مهم عملکرد در برنج محسوب می‌شود که یک صفت ژنتیکی بوده و از پایدارترین خصوصیات واریته‌ای به-شمار می‌رود.

نتیجه‌گیری

کاربرد کودهای آلی به‌تنهایی و یا در ترکیب با کود شیمیایی علاوه‌بر بهبود خصوصیات کمّی و کیفی برنج در پایداری تولید و حفظ محیط زیست تأثیر مثبت دارد. بیوچار به‌دلیل داشتن ساختار متخلخل، سطح ویژه زیاد و و بارهای منفی سطحی، باعث بهبود در ویژگی‌های

خاک و در نتیجه، ایجاد شرایط بهینه برای رشد گیاه برنج شد. نتایج نشان داد که مصرف کود نیتروژنه و بیوچار علاوه‌بر بهینه‌سازی مصرف کود، سبب افزایش عملکرد برنج شد. مصرف بیوچار سبب افزایش صفات مربوط به عملکرد دانه شده است. استفاده همزمان بیوچار و کودهای شیمیایی، اثرات بهتری نسبت به کاربرد هر یک از آن‌ها به‌تنهایی داشت. نقش بیوچار در تغییر معنی‌دار صفات بررسی شده برنج رقم هاشمی در تیمارهای اصلی (شاهد، بوم‌شناختی و شیمیایی) مشهود بود. بیوچار باعث افزایش رشد، عملکرد و اجزای عملکرد و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی گیاه برنج رقم بومی هاشمی شد. بر اساس نتایج این تحقیق و بررسی‌های بیشتر، تولید برنج از طریق مصرف کمتر کود شیمیایی به‌واسطه قیمت جهانی آن، جلوگیری از آلودگی زیستی و افزایش باروری خاک و برنج و استفاده از مواد آلی و بیوچار می‌تواند در مناطق شالیکاری ترویج گردد.

سپاسگزاری

از مساعدت پرسنل محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان که در اجرای این تحقیق ما را یاری (زمین دانشگاه و همکاری علمی و تدارکاتی در بخشی از اجرا) کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Abdul Rab, A., Rabnawaz Khan, M., Ul Haq, S., Zahid, S., Asim, M., Afridi, M.Z., Arif, M., & Munsif, F. (2016). Impact of biochar on mungbean yield and yield components. *Pure and Applied Biology*. 5(3), 632-640. https://doi.org/10.19045/bspab.2016.50082
2. Asadi, R., Alizadeh, A., Ansari, H., Kavousi, M., & Amiri, A. (2016). The effect of water and nitrogen consumption on yield, yield components and water productivity in rice cultivation. *Water Research in Agriculture*. 30(2), 157-145. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/jwra.2016.106640
3. Ashouri, M. (2012). The effect of water saving irrigation and nitrogen fertilizer on rice production in paddy fields of Iran. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, *2*(1), 56-59. (In Persian with English abstract)). https://doi.org/ 10.7763/IJBBB.2012.V2.70
4. Ayeneh, A., Van Ginkel, M., Reynolds, M.P., & Ammar, K. (2002). Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. *Field Crops Research. 79*, 173-184. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00138-7
5. Board, N. (2004). The complete technology book on bio-fertilizer and organic farming. National Institute of Industrial Research (NIIR) pp. 620.
6. Divasalar, R., Sam Daliri, M., Nasiri, M., Amiri Larijani, B., Mousavi Amirkalaei, A.A., & Sadeghi, N. (2011). Investigation of the effect of combining organic fertilizer and nitrogen on yield and grain yield components in a modern rice cultivation management system. *Journal of Agricultural Research*. *3*(2), 229-217. (In Persian with English abstract)
7. Esfahani, M., Sadrzadeh, S.M., Kavousi, M., Dabbagh Mohammadinasab, A. (2005). Effects of different amounts of nitrogen and potassium fertilizers on the yield, yield components, and growth of Caspian rice cultivar. *Iranian Journal of Crop Sciences 7*(3), 226-240. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.15625540.1384.7.3.4.0
8. Fageria, N. K. (2001). Nutrient management for improving upland rice productivity and sustainability. *Soil Science and plant Analysis 32*, 2603 -2629.
9. Flohre, A., Rudnick, M., Traser, G., Tscharntke, T., & Eggers, T. (2011). Does soil biota benefit from organic farming in complex vs. simple landscapes? *Agriculture, Ecosystems and Environment. 141:*(1-2), 210-214. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.02.032
10. G Gebremedhin, G.H., Haileselassie, B., Berhe, D., & Belay, T. (2015). Effect of biochar on yield and yield components of wheat and post-harvest soil properties in Tigray, Ethiopia. Journal of Fertilizers and Pesticides. 6, 158-162. https://doi.org/10.4172/jbfbp.1000158
11. Gharavi Baigi, M., Pirdashti, H., Abbasian, A., Aghajaniye Mazandarani, G. (2014). Response of yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L. cv. Tarom Hashemi) in rice, duck and azolla (*Azolla* sp.) farming. *Journal of Agroecology*. *6*(3), 477-487. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V6I3.43413
12. Gholinejad, A., 2014. Effect of drought stress, plant density and nitrogen amounts on morphophysiological characteristics and qualitative traits of sunflower oil in Urmia climate. *Research in Agricultural Ecosystems*. *1*(3), 58-41. (In Persian with English abstract).

13. Han, H.S., Supanjani, D., & Lee, K.D. (2006). Effect of coin coculation with phosphate andpotassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil and Environment. 52*, 130-136.
14. Hassegawa, R.H., Fonseca, H., Fancelli, A.L., Da Silva, V.N., Schammass, E.A., Reis, T.A., & Correa, B. (2008). Influence of macro and micro nutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains. *Food Control*. 19, 36-43. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.01.006
15. J Jabran K., & Chauhan, B.S. (2015). Weed management in aerobic rice systems. *Crop Protection*. 78, 151-163. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.09.005
16. Kammann, C.I. (2015). Plant growth improvement mediated by nitrate capture in co-composted biochar, *Scientific Reports.* 5(1), 1-13. https://doi.org/10.1038/srep11080.
17. Kandil, A.A., Badawi, M.A., El-Moursy, S.A., & Abdou, U.M.A. (2004). Effect of planting dates, nitrogen levels and bio-fertilization treatments on 1: Growth attributes of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Scientific Journal of King Faisal University*. (*Basic and Applied Sciences*). 5(2), 227-237.
18. Kannaiyan, S., & Kumar. K. (2005). Azolla Biofertilizer for Sustainable Rice Production xvi. 81-7035-356-4. Daya Publishing House,
19. Khalvati, M.A., Mozafar, A., & Schmidhalter, U. (2005). Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. *Plant Biology. Stuttgart*. 7, 706-712. https://doi.org/10.1055/s-2005-872893
20. Khosravi, Y., Destan, S., Mobasr, H. R., & Nasri. M. (2011). The effects of nitrogen stress and cycocel application on dormancy-related characteristics and grain yield of Tarem Dilmani rice. *Journal of Agricultural Research.* 3(4), 419-409. (In Persian with English abstract).
21. Lehmann, J. (2007). A handful of carbon. *Nature*. 447(7141), 143-144.
22. Lehman, J., & Joseph, S. (2009). Biochar for environmental management: An introduction. In J. Lehmann & S. Joseph (Eds.), Biochar for Environmental Management: Science and technology. (pp.1-13).London; Sterling, VA: Earthscan. https://doi.org/10.4324/9780203762264
23. Ma, Z., Zhu, Z., Song, W., Luo, D., Cheng, H., Wang, X, & Lyu, W. (2024). Effects of Nitrogen Fertilizer on the Endosperm Composition and Eating Quality of Rice Varieties with Different Protein Components. *Agronomy*. 14(3), 469.
24. Mohammadi, M., Pirdashti, H., Aghajani Mazandarani, G., Mosavi Toghani, S.Y. (2013). Evaluation of duck efficiency as a biocontrol agent on weeds density and diversity in rice- duck farming (*Oryza sativa* L.). J*ournal of Agroecology.* 4(4), 335-346. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V4I4.17817
25. Niknejad, Y., Zamani, M.H., Falah, A., & Nasiri, M. (2016). Evaluation of nitrogen fertilizer rates and planting space on agronomic traits of 8615 rice line. Agronomy Journal 112, 1-8. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/AJ.2016.112582
26. Noor, H., Yan, Z., Sun, P., Ding, P., Li, L., Ren, A., Sun, M, Gao, Z. (2023). Effects of nitrogen on photosynthetic productivity and yield quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*. 13(6), 1448. https://doi.org/10.3390/agronomy13061448
27. Pampolino, M.F., Manguiat, I.J., Ramanathan, S., Gines, H.C., Tan, H., Chi, P.S., Rajendran, T.T.N., & Buresh, R.J. (2007). Environmental impact and economic benefits of site specific nutrient management in irrigated rice systems. *Agricultural Systems.* 93,1-24. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2006.04.002
28. Payegozar, Y. (2008). Effect of foliar application of micro nutrient son quantitative and qualitative characteristics of pearl millet under drought stress. M.Sc. Thesis, Department of Agriculture, University of Zabol, Zabol. Iran.
29. R Raie, Y., Shareati, J., Wisany, W. (2015). Effect of biological fertilizers on seed oil, yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) at different irrigation. J*ournal of Agriculture Science Sustainable Production*. 25(1), 65-84
30. Rajput, A., Singh Rajput, S., Jha, G., (2017). Physiological parameters leaf area index, crop growth rate, relative growth rate and net assimilation rate of different varieties of rice grown under different planting geometries and depths in SRI. *International Journal of Pure Applied Bioscience*. 5 (1), 362-367. https://doi.org/10.18782/2320-7051.247
31. Roger, P.A., & Ladha, K.J. (1990). Estimation of biological N_2 fixation and its contribution to nitrogen balance

in wetland fields. *14th International Congress Soil Science*. pp.2-10.
32. Saebmehr, H., Rafiee, F., Givianrad, M.H, & Mostafavi, G. (2024). Seasonal variation of agar and two plant hormones in Macroalgae Gracilaria corticata (Rhodophyta). *Journal of Fisheries.* 77(1), 53-68.
33. Salehifar, M., Afshar Mohammadian, M., Kavousi, M., Taddadi-Talab, K., & Shokri-Vahed, H. (2018). Evaluation of the comparisons of the effects of organic and mineral fertilizers on yield, yield components and growth indicators of rice. *Cereal Research*. 8(3), 305-291. https://doi.org/10.22124/C.2018.9724.1387
34. Schepers, J.S., Blackmer, T.M., Wilhelm, W.W., & Resende, M. (1996). Transmittance and reflectance measurments of corn leaves from plants with different nitrogen and water supply. *Journal of Plant Physiology*. 148, 523-529. https://doi.org/10.1016/S0176-1617(96)80071-X
35. Schmidt, H.P. (2015). Fourfold increase in pumpkin yield in response to low-dosage root zone application of urine-enhanced biochar to a fertile tropical soil. *Agriculture*. 5(3), 723-741. https://doi.org/10.3390/agriculture5030723
36. Sobhani, S.M.A., Alavi Fazel, M., Ardakani, M.R., Madhaj, A., & Lak, S. (2021). Evaluation of yield changes and yield components of wheat in conditions of changes in the amount of biochar and mycorrhiza. P*lant Agronomic Sciences*. 11(1), 63-75. (In Persian with English abstract)
37. Soltani, S. M., & Karbalai Molki, M. T. (2022). The effect of zinc and phosphorus foliar application on morphological characters, grain yield and yield components, and grain quality of rice (Hashemi (local) and Guilaneh (improved) cultivar). *Journal of Plant Production Research.* *29*(2), 35-57. https://doi.org/10.22069/JOPP.2022.18731.2765
38. Špulák, O., Martincova, J., Vitamavas, J, & Kunes, I. (2014). The effect of fertilization on chlorophyll activity, content of photosynthetically active pigments and nutrients in Carpathian birch leaves." *Austrian Journal of Forest Science*. 131(1), 23-44.
39. Yabar, S. Y. (2013). Effect of nitrogen and phosphorus fertilizer management on growth and yield of rice. International *Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 5(15), 1659-1662. (In Persian with English abstract)
40. Taghizadeh, M, Esfahani, M., & Madani, H. (2008). The effect of irrigation cycle and different amounts of nitrogen on yield and yield components of Tarem Hashemi rice in Rasht. *New Findings of Agriculture.* 2(4), 353: 364.
41. Tayefe, M., Gerayzade, A., Amiri, E. & Nasrollahzadeh, A. (2014). Effect of nitrogen on rice yield, yield components and quality parameters. *African Journal of Biotechnology*. 13(1), 91-105. https://doi.org/10.5897/AJB11.2298
42. Tejada, M., Gonzalez, J.L., Garcia-Martinez, A.M., & Parrado, J. (2008). Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. *Bioresource Technology*. 99, 1758-1767. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.03.052
43. Tilahum-Tadesse, F., Nigussie-Dechassa, R., Wondimu, B., & Setegn, G. (2013). Effect of farmyard manure and inorganic fertilizers on the growth, yield and moisture stress tolerance of rain-fed lowland rice. *American Journal of Research Communication*. 1(4), 275-301.
44. Vaccari, F., Baronti S., Lugato, E. Genesio, L. Castaldi, S. Fornasier, F. & Miglietta, F., (2011). Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. Europian. *Journal of Agronomy*. 34, 231-238. https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.01.006.
45. Wang, J.P., Cao, C.G., Jin, H., & Liu, F.H. (2006). Effects of rice-duck farming on aquatic community in rice fields. *Journal of Scientia Agricultura Sinica*. 39(10), 2001-2008.
46. Yagi, R.., Ferreira, M. E., Cruz, M. C. P., & Barbosa, J. C., (2003). Organic matter fractions and soil fertility under the influence of liming, vermicompost and cattle manure. *Scientia Agricola*. 60, 549-557. https://doi.org/10.1590/S0103-90162003000300021
47. Ye, J., Yu, Q.G., Yang, S.N., Jiang, L.N., Ma, J.W., Wang, Q., Wang, J.M., Sun, W.C., & Fu, J.R. (2011). Effect of combined application of organic manure and chemical fertilizer on N use efficiency in paddy fields and the environmental effects in hang jiahu area. *Journal of Soil and Water Conservation*. 25, 87-91. https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2217603
48. Zayed, B.A., Elkhoby, W.M., Salem, A.K., Ceesay, M., & Uphoff, N.T. (2013). Effect of integrated nitrogen fertilizer on rice productivity and soil fertility under saline soil conditions. *Journal of Plant Biology Research*. 2(1), 14-24.